

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 10098220 A ✓

(43) Date of publication of application: 14 . 04 . 98

(51) Int. Cl. H01L 43/08
G11B 5/39

(21) Application number: 08249437

(71) Applicant: SANYO ELECTRIC CO LTD

(22) Date of filing: 20 . 09 . 96

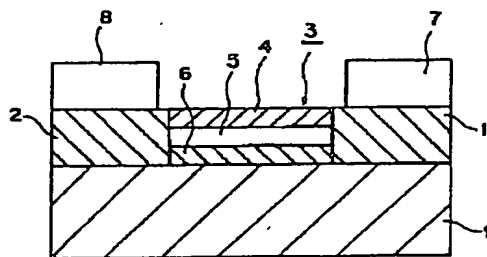
(72) Inventor: MAEDA ATSUSHI

(54) MAGNETORESISTANCE EFFECT DEVICE

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetoresistance effect device of a new structure which can show a change higher in MR than in the conventional system.

SOLUTION: A device is provided with a multilayer film 3 of a multilayer structure, wherein a non-magnetic conductive layer 5 is put between a pair of ferromagnetic layers 4 and 6, a pair of electrodes 7, 8 which cause detecting current to flow in the multilayer film 3, and filter layers 1, 2 which are located between one of the ferromagnetic layers 4, 6 and the electrodes 7, 8 and are made of ferromagnetic material to give spin-polarized electrons to the ferromagnetic layers 4, 6. The distance of movement of the electrons in the ferromagnetic layers 4, 6 which are provided with spin-polarized electrons is set shorter than the spin diffusion length.



COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-98220

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月14日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 1 L 43/08

H 0 1 L 43/08

Z

G 1 1 B 5/39

G 1 1 B 5/39

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号

特願平8-249437

(22) 出願日

平成 8 年 (1996) 9 月 20 日

(71) 出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号

(72) 発明者 前田 寛志

大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号 三

洋電機株式会社内

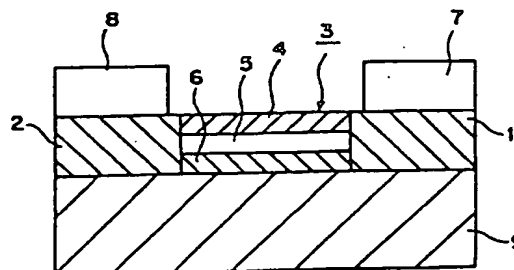
(74) 代理人 弁理士 目次 茂 (外 1 名)

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子

(57) 【要約】

【課題】 従来より高いMR変化を示すことができる新規な磁気抵抗効果素子の素子構造を得る。

【解決手段】 一対の強磁性層 4, 6 の間に非磁性導電層 5 が挟まれた積層構造を有する積層膜 3 と、積層膜 3 に検出電流を流す一対の電極 7, 8 と、一対の強磁性層 4, 6 の少なくとも一方の強磁性層と電極 7, 8 との間に設けられ、強磁性層 4, 6 にスピン偏極した電子を与えるための強磁性体からなるフィルタ層 1, 2 とを備え、スピン偏極した電子が与えられる強磁性層 4, 6 中の電子の移動の距離がスピン拡散長よりも短くなるように設定されていることを特徴としている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 一対の強磁性層の間に非磁性導電層が挟まれた積層構造を有する積層膜と、

前記積層膜に検出電流を流すための一対の電極と、
前記一対の電極のうちの正極と前記一対の強磁性層のうちの一方の強磁性層との間に設けられ、前記強磁性層にスピン偏極した電子を与えるための強磁性体からなるフィルタ層とを備え、

前記強磁性層中の電子の移動の距離がスピン拡散長より短くなるように設定されている磁気抵抗効果素子。

【請求項2】 前記強磁性層中の電子の移動の距離が $1\mu\text{m}\sim 0.05\mu\text{m}$ である請求項1に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項3】 前記フィルタ層のフェルミ準位と前記強磁性層のフェルミ準位との差が、 $\pm 1\text{eV}$ の範囲内となるように前記フィルタ層の強磁性体材料が選ばれる請求項1または2に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項4】 前記積層膜が保磁力差型磁気抵抗効果膜であり、前記一対の強磁性層が互いに異なる保磁力を有する請求項1～3のいずれか1項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項5】 前記積層膜がスピンバルブ型磁気抵抗効果膜であり、前記一対の強磁性層の一方に反強磁性層が積層されている請求項1～3のいずれか1項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項6】 前記積層膜が人工格子型磁気抵抗効果膜であり、前記強磁性層と前記非磁性導電層が複数の周期で繰り返し積層されている請求項1～3のいずれか1項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項7】 前記フィルタ層が前記積層膜の各層と接するように設けられている請求項1～6のいずれか1項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項8】 前記フィルタ層が、前記一対の強磁性層の一方の強磁性層のみと接するように設けられている請求項1～6のいずれか1項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項9】 前記フィルタ層が、前記一対の強磁性層の一方の強磁性層と接し、かつ他方の強磁性層と一体的になるように形成されている請求項1～6のいずれか1項に記載の磁気抵抗効果素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気抵抗効果素子に関するものであり、特にいわゆる巨大磁気抵抗効果を示す素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】磁気抵抗効果素子(MR素子)は、磁界の変化により電気抵抗が変化する磁気抵抗効果を利用し、磁界の変化を検出する素子である。このような磁気抵抗効果素子は、検出感度が高いことから、ハードディスクなどの磁気記録媒体の再生ヘッドとしての利用が期

待されている。ハードディスクにおいては、記録の高密度化が進められており、磁気抵抗効果素子をより高密度に記録された記録媒体の再生ヘッドとして用いるためには、より高い感度が要求されている。磁気抵抗効果素子をより高感度にするためには、磁気抵抗効果素子のMR比を高くする必要がある。このようなことから、高いMR比を示す磁気抵抗効果素子として、強磁性層と非磁性導電層とを積層した構造の磁気抵抗効果膜を用いた巨大磁気抵抗効果素子(GMR素子)が検討され、これまで種々のGMRの素子構造が提案されている。例えば、互いに異なる保磁力を有する一対の強磁性層の間に非磁性導電層が挟まれた構造を有する保磁力差型GMR素子、非磁性導電層を挟む一対の強磁性層の一方に反強磁性層が積層されてスピン止めされたスピンバルブ型GMR素子、及び強磁性層と非磁性導電層とを複数の周期で繰り返し積層した人工格子型GMR素子などが知られている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、さらに高い記録密度を実現するためには、より高いMR比を有することが必要であり、さらにはトラック幅を狭くすることができるGMR素子の開発が要望されている。

【0004】本発明の目的は、このような従来からの要望を満たそうとするものであり、従来より高いMR比を示すことができる新規な磁気抵抗効果素子の素子構造を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明の磁気抵抗効果素子は、一対の強磁性層の間に非磁性導電層が挟まれた積層構造を有する積層膜と、積層膜に検出電流を流すための一対の電極と、一対の電極のうちの正極と一対の強磁性層のうちの一方の強磁性層との間に設けられ、強磁性層にスピン偏極した電子を与えるための強磁性体からなるフィルタ層とを備え、強磁性層中の電子の移動の距離がスピン拡散長より短くなるように設定されていることを特徴としている。

【0006】本発明において、スピン拡散長とは、スピン偏極した電子が拡散し移動し得る平均距離を意味している。本発明においては、スピン偏極した電子が与えられる強磁性層中の電子の移動の距離がスピン拡散長より短くなるように設定されているので、強磁性層中を移動する電子は、スピン偏極した状態で移動し得る。

【0007】また本発明において、正極とは、一対の電極のうちの電子を与える電極をいう。本発明においては、正極と、正極側の強磁性層との間に少なくともフィルタ層が設けられておればよいが、より好ましい実施形態においては、負極と、負極側の強磁性層との間にもフィルタ層が設けられる。

【0008】以下、本発明の磁気抵抗効果素子が、従来の磁気抵抗効果素子よりも高いMR比を示す原理につい

て説明する。図1は、本発明に従う一実施例の磁気抵抗効果素子を示す断面図である。基板9の中央部の上には、第1の強磁性層4、非磁性導電層5、及び第2の強磁性層6を積層した積層膜3が設けられている。第1の強磁性層4は、例えばNiFeなどから形成され、第2の強磁性層6は、例えばCoなどから形成され、互いに保磁力の異なる強磁性層材料から形成されている。非磁性導電層5は、例えばCuなどから形成されている。従って、積層膜3は、保磁力差型のGMR積層膜を構成している。

【0009】積層膜3の両側の基板上には、フィルタ層1及び2がそれぞれ積層膜3と接するように形成されている。フィルタ層1及び2は、例えばFeなどの強磁性体から形成されている。フィルタ層1及び2の上には、それぞれAuなどからなる電極7及び8が設けられている。積層膜3中を流れる検出電流は、この電極7及び8から供給される。また、積層膜3の端部間の電圧を読み取る電極は、この電極7及び8を兼用させてもよいし、別に設けてもよい。

【0010】図1に示す実施例の磁気抵抗効果素子においては、積層膜3の第1の強磁性層4及び第2の強磁性層6の両側の側方端部にフィルタ層1及び2が接するように設けられている。従来の磁気抵抗効果素子においては、このフィルタ層1及び2の位置に、電極またはバイアス層などが設けられている。

【0011】図15及び図16は、従来の磁気抵抗効果素子における各層の電子のスピンの偏極状態を示す図である。図15(a)に示すように、従来の磁気抵抗効果素子においては、GMR積層膜3の両側には、電極また*

*はバイアス層などの導電層17及び18が設けられている。従って、GMR積層膜3に流れる電子は、導電層17または18を通りGMR積層膜3に与えられる。

【0012】図15(b)は、図15(a)に示す各層の電子のスピンの偏極状態を示している。スピン偏極状態14、15及び16は、それぞれ第1の強磁性層4、非磁性導電層5、及び第2の強磁性層6のスピン偏極状態に対応している。またスピン偏極状態19及び20は、それぞれ導電層17及び18のスピン偏極状態に対応している。

【0013】図15は、第1の強磁性層4の磁化方向と、第2の強磁性層6の磁化方向とが平行であるときの状態を示している。図15(b)に示すように、GMR積層膜3中の非磁性導電層5及び導電層17及び18における電子はスピン偏極していない状態にある。これに対し、第1の強磁性層4及び第2の強磁性層6における電子はスピン偏極した状態にある。また第1の強磁性層4及び第2の強磁性層6のフェルミ電子は同一方向にスピン偏極している。

【0014】GMR積層膜3を通る電子の伝導パスは、表1に示すように6通り考えられる。ここで、第1の強磁性層4の伝導パスをF1とし、非磁性導電層5の伝導パスをCとし、第2の強磁性層6の伝導パスをF2としている。また、第1の強磁性層4の抵抗をR1、非磁性導電層5の抵抗をRc、第2の強磁性層6の抵抗をR2とすると、各伝導パスの抵抗は、表1のように表される。

【0015】

【表1】

No.	伝導パス	伝導層の枚数	抵抗
1-A	F1	1	R1
1-B	C	1	Rc
1-C	F2	1	R2
2-A	F1, C	2	$R1Rc / (R1 + Rc)$
2-B	C, F2	2	$RcR2 / (Rc + R2)$
3	F1, C, F2	3	$R1RcR2 / (R1Rc + RcR2 + R2R1)$

【0016】表1に示す伝導パスのうち、3つの層を流れるNo. 3の伝導パスが最も抵抗が低く、実際の伝導を支配している。

【0017】図16は、第2の強磁性層6の磁化方向が反転し、第1の強磁性層4と第2の強磁性層6の磁化方向が反平行状態となったときのスピン偏極の状態を示している。図16(a)に示すように、第2の強磁性層6の磁化方向が、第1の強磁性層4の磁化方向に対し反平行状態となっている。このような状態においては、図1

6(b)のスピン偏極状態14及びスピン偏極状態16に示されるように、第1の強磁性層4のフェルミ電子の偏極状態と、第2の強磁性層6のフェルミ電子のスピン偏極状態とが異なっている。このような状態においては、表2に示すように、3つの層を通るNo. 3の伝導パスを電子が流れなくなる。

【0018】

【表2】

No	伝導パス	伝導路の数	抵抗
1-A	F1	1	$R1$
1-B	C	1	Rc
1-C	F2	1	$R2$
2-A	F1, C	2	$R1Rc / (R1 + Rc)$
2-B	C, F2	2	$RcR2 / (Rc + R2)$
3	F1, C, F2	3	—

【0019】従って、GMR積層膜3の抵抗が増大する。以上のように、従来の磁気抵抗効果素子においては、一対の強磁性層の一方の磁化方向が反平行となることにより、3つの層を流れる伝導パスが電子伝導に寄与できなくなる。従って、従来の磁気抵抗効果素子は、これによる抵抗変化を用いて磁界の変化を検出している。

【0020】図2及び図3は、図1に示す本発明の実施例の磁気抵抗効果素子におけるスピン偏極状態を示している。図2(b)に示すように、第1の強磁性層4と第2の強磁性層6の磁化方向が平行であるときには、第1の強磁性層4のスピン偏極状態14と、第2の強磁性層6のスピン偏極状態16とがほぼ同様の偏極状態にあ *

*り、各層のフェルミ電子のスピンが同一方向である。またGMR積層膜3の両側にそれぞれ設けられている強磁性体からなるフィルタ層1及び2のそれぞれのスピン偏極状態11及び12もほぼ同様の偏極状態であり、各層のフェルミ電子のスピンは同一方向に偏極している。このような状態においては、図15に示す従来の磁気抵抗効果素子と同様に、表3に示すような6通りの伝導パスが考えられ、これらの中でも3層を通過するNo. 3の伝導パスが最も抵抗が低く、実際の電子の伝導を支配している。

【0021】

【表3】

No	伝導パス	伝導路の数	抵抗
1-A	F1	1	$R1$
1-B	C	1	Rc
1-C	F2	1	$R2$
2-A	F1, C	2	$R1Rc / (R1 + Rc)$
2-B	C, F2	2	$RcR2 / (Rc + R2)$
3	F1, C, F2	3	$R1RcR2 / (R1Rc + RcR2 + R2R1)$

【0022】図3は、第2の強磁性層6の磁化方向が、第1の強磁性層4の磁化方向と反平行になったときの状態を示している。図3(b)に示すように、第2の強磁性層6のスピン偏極状態16は、第1の強磁性層4のスピン偏極状態14並びにフィルタ層1及び2のそれぞれのスピン偏極状態11及び12と異なる状態となっている。従って、第2の強磁性層6のフェルミ電子のスピン偏極と、フィルタ層1及び2のフェルミ電子のスピン偏極及び第1の強磁性層4のフェルミ電子のスピン偏極が

異なる方向となっている。このため、フィルタ層1または2から第2の強磁性層6に対し電子が流れるなくなる。この結果、表4に示すように、第2の強磁性層6の伝導パスF2に関連した3つの伝導パスNo. 1-C、No. 2-B、及びNo. 3が閉じ、抵抗が従来よりも大幅に増大する。

【0023】

【表4】

層	伝導パス	伝導路の数	抵抗
1-A	F1	1	R_1
1-B	C	1	R_c
1-C	F2	1	—
2-A	F1, C	2	$R_1 R_c / (R_1 + R_c)$
2-B	C, F2	2	—
3	F1, C, F2	3	—

【0024】以上のように、本発明に従えば、スピン偏極した電子が一方の強磁性層に与えられるため、この強磁性層のフェルミ電子のスピン偏極が、フィルタ層のスピン偏極と異なる方向になると、大幅に抵抗が増大し、従来よりも大きなMR変化を得ることできる。このように、本発明においては、強磁性層中のスピン偏極した電子の移動を利用するものであるため、上述のように、フィルタ層と接しスピン偏極した電子が与えられる強磁性層中の電子の移動の距離は、スピン拡散長よりも短くなるように設定される。具体的には、強磁性層の電子の移動方向の幅を所定の範囲となるように設定する。本発明におけるスピン拡散長は、磁気抵抗効果素子の使用温度におけるスピン拡散長を意味する。スピン拡散長は強磁性層の材質や薄膜形成条件等により異なるので、これらの条件を考慮して強磁性層の幅を決定する。この強磁性層の電子移動の距離は、感磁部の幅に相当する。また本発明の磁気抵抗効果素子を磁気抵抗効果ヘッド（MRヘッド）に用いた場合には、MRヘッドのトラック幅に相当する。本発明では、このように感磁部の幅をスピン拡散長よりも短くなるように設定するので、MRヘッドとして用いた場合、トラック幅を短くすることができ、高密度記録の再生に適したMRヘッドとすることができ、このような感磁部の幅、すなわち強磁性層中の電子の移動の距離は、一般には $1\mu\text{m} \sim 0.05\mu\text{m}$ 程度の範囲内で設定される。

【0025】本発明において、強磁性層を構成する磁性体としては、GMR積層膜の磁性体として用いることができるものであればよく、例えば、NiFe、Fe、Co及びこれらの合金などが用いられる。また非磁性導電層としては、Cu、Agなどが用いられる。

【0026】また本発明において、フィルタ層として用いられる強磁性体は、室温以上にキュリー点を有する強磁性体であれば、特に限定されるものではない。具体的には、NiFe、Fe、Co及びこれらの合金などが挙げられる。好ましくは、フィルタ層が接する、すなわちスピン偏極した電子が与えられる強磁性層のフェルミ準位と、フィルタ層のフェルミ準位との差が、 $\pm 1\text{eV}$ の範囲内となるようにフィルタ層の強磁性体材料が選ばれている。さらに好ましくは、強磁性層のフェルミ準位との差が、 $\pm 0.5\text{eV}$ の範囲内となるように選ばれ

る。また、フィルタ層は、一对の強磁性層のうちの他方の強磁性層と同一の強磁性体材料から構成されてもよい。本発明においてフィルタ層は、スピン偏極した一方のスピン状態の電子を抽出し、強磁性層に与えるフィルタの役割を果たしている。

【0027】本発明における積層膜は、一对の強磁性層の間に非磁性導電層が挟まれた積層構造を有するものであれば特に限定されるものではない。例えば、一对の強磁性層が互いに異なる保磁力を有する保磁力差型磁気抵抗効果膜であってもよいし、一对の強磁性層の一方に反強磁性層が積層されているスピンバルブ型磁気抵抗効果膜であってもよい。スピンバルブ型磁気抵抗効果膜の場合、強磁性層の一方に積層される反強磁性層としては、FeMn、NiMn、IrMn、NiO、CoO、NiCoOなどが挙げられる。

【0028】また、本発明における積層膜は、強磁性層と非磁性導電層とを複数の周期で繰り返し積層する人工格子型磁気抵抗効果膜であってもよい。このような人工格子型磁気抵抗効果膜としては、例えば強磁性層としてのCo層と非磁性導電層としてのCu層を交互に繰り返し積層した積層膜が知られている。

【0029】本発明の磁気抵抗効果素子においては、図1に示す実施例のようにフィルタ層が積層膜の各層の側方端部と接するように設けられていてもよいし、一对の強磁性層の一方の強磁性層のみと接するように設けられていてもよい。さらには、キャリア電子を注入する側にのみフィルタ層を設け、反対側には任意の導電層を設けてもよい。

【0030】さらには、フィルタ層が、一对の強磁性層の一方の強磁性層と接し、かつ他方の強磁性層と一体的になるように形成されていてもよい。すなわち、フィルタ層と一对の強磁性層の他方の強磁性層が同一材料で連続して形成されていてもよい。

【0031】

【発明の実施の形態】図1は、上述のように、本発明に従う一実施例の磁気抵抗効果素子を示す断面図である。図4～図6は、図1に示す磁気抵抗効果素子を製造する工程を示す断面図である。図4(a)を参照して、Siなどからなる非磁性の基板9の上に、第2の強磁性層6としてのCo層（膜厚5nm）、非磁性導電層5として

20

30

40

50

のCu層(膜厚2nm)、及び第1の強磁性層4としてのNi₈₀Fe₂₀層(膜厚5nm)を順次イオンビームスパッタリング(IBS)法により形成する。

【0032】次に、図4(b)を参照して、第1の強磁性層4の上にレジスト膜10を形成し、図4(c)に示すようにフォトリソ法を用いてパターンニングする。次に、パターンニングにしたレジスト膜10をマスクとしてイオンビームエッチング(IBE)法により、第1の強磁性層4、非磁性導電層5及び第2の強磁性層6をエッチング除去し、図4(d)に示すように素子形状に微細加工する。

【0033】次に、図5(e)を参照して、レジスト膜21を全面に形成した後、フォトリソグラフィ法を用いて、図5(f)に示すように、積層膜の上のみにレジスト膜21を残す。次に、図5(g)に示すように、フィルタ層として用いるFe層22(膜厚12nm)をIBS法により全面に形成する。次に、図5(h)に示すように、積層膜上のレジスト膜21をリフトオフすることにより、この上に形成されたFe層22を除去する。積層膜の両側に形成されたFe層はフィルタ層1及び2となる。

【0034】次に、図6(i)に示すように、全面に再びレジスト膜23を形成した後、図6(j)に示すように、フォトリソグラフィ法により中央部のみにレジスト膜23を残すようにパターンニングする。次に、図6

(k)に示すように、全面に電極となるAu層24(100nm)をIBS法により形成する。次に、図6

(l)に示すように、レジスト膜23をリフトオフにより除去することにより、両側にAu層を残し、これらを電極7及び8とする。

【0035】本実施例においては、積層膜部分の幅、すなわちフィルタ層間の距離を500nmとなるように各層を形成している。このような保磁力差型のGMR膜において、第1の強磁性層4及び第2の強磁性層6の一般的な膜厚は、例えば10~100Åであり、非磁性導電層5の一般的な膜厚は、例えば10~50Åである。以上のようにして図1に示す実施例の磁気抵抗効果素子を得ることができる。

【0036】図7は、本発明に従う他の実施例の磁気抵抗効果素子を示す断面図である。図7を参照して、本実施例の積層膜3は、Cuなどの非磁性導電層25とCoなどの強磁性層26を複数の周期で繰り返して積層することにより構成される人工格子型のGMR膜である。その他の構成は、図1に示す実施例と同様にして構成されている。非磁性導電層25は、例えば10~50Åの膜厚で形成され、強磁性層26は、例えば10~100Åの膜厚で形成される。また非磁性導電層25と強磁性層26の繰り返し周期は、例えば5~30Åの周期で繰り返され積層される。

【0037】図8は、本発明に従うさらに他の実施例の

磁気抵抗効果素子を示す断面図である。本実施例では、積層膜3として、スピンバルブ型GMR膜が形成されている。第1の強磁性層27としては、Ni₈₀Fe₂₀層(膜厚5nm)とCo層(膜厚2nm)を積層した膜が形成されている。非磁性導電層28としては、Cu層(膜厚3nm)が形成されている。第2の強磁性層29としては、Co層(膜厚2nm)とNi₈₀Fe₂₀層(膜厚5nm)を積層した膜が形成されている。第1の強磁性層27及び第2の強磁性層29において、Co層はそれぞれCu層に近い側に設けられている。第1の強磁性層27の上には、反強磁性層30としてのFe₅₀Mn₅₀層(膜厚15nm)が形成されている。またフィルタ層1及びフィルタ層2として、Fe層(膜厚15nm)が形成されている。従って、フィルタ層1及び2は、第1の強磁性層27、非磁性導電層28及び第2の強磁性層29の側方の端面と接するように形成されている。このようなスピンバルブ型のGMR膜において、反強磁性層30の一般的な膜厚は、例えば50~500Åであり、第1の強磁性層27及び第2の強磁性層29の一般的な膜厚は、例えば10~100Åであり、非磁性導電層28の一般的な膜厚は、例えば10~50Åである。本実施例においては、積層膜部分の幅、すなわちフィルタ層間の距離を500nmとなるように各層を形成している。

【0038】図9は、本発明に従うさらに他の実施例を示す断面図である。本実施例においては、バイアス層が設けられている。基板9の上には、図1に示す実施例と同様に第1の強磁性層4、非磁性導電層5及び第2の強磁性層6からなる積層膜3が形成されている。この積層膜3の両側の端面に接するように、例えばCoCrPtなどからなるバイアス層31及び32が形成されている。このように積層膜3に直接接するようにバイアス層が設けられている場合には、図9に示すように、例えば第1の強磁性層4の上に所定の間隔を隔てて一对のフィルタ層1及び2を形成し、これらフィルタ層1及び2の上に、それぞれAuなどからなる電極7及び8を形成する。このような構成にすることにより、フィルタ層1または2を介して第1の強磁性層4に電子を与えることができ、スピン偏極した電子を第1の強磁性層4に与えることができる。本発明においては、本実施例のように第1の強磁性層4及び第2の強磁性層6の双方に接するようにフィルタ層を設ける必要はなく、フィルタ層はいずれか一方の強磁性層に接して設けられればよい。さらには、電子を与える側にのみフィルタ層が設けられておればよく、必ずしも強磁性層の両側の端部のそれぞれにフィルタ層が設けられる必要はない。なお、本実施例では、強磁性層4中の電子の移動の距離、すなわちフィルタ層1とフィルタ層2間の距離を500nmとなるように設定している。

【0039】図10は、本発明に従うさらに他の実施例

を示す断面図である。本実施例においてもバイアス層31及び32が設けられている。本実施例においては、図1に示す実施例と同様に、基板9の中央部に第1の強磁性層4、非磁性導電層5及び第2の強磁性層6からなる積層膜3が設けられており、この積層膜3の両側に接するようにFeなどからなるフィルタ層1及び2がそれぞれ設けられている。本実施例では、さらにフィルタ層1及び2の外側に、CoCrPtなどからなるバイアス層31及び32がそれぞれ設けられている。電極7及び8は、それぞれバイアス層31及びフィルタ層1とバイアス層32及びフィルタ層2の上に設けられている。本実施例においては、積層膜部分の幅、すなわちフィルタ層間の距離を500nmとなるように各層を形成している。

【0040】図11は、本発明に従うさらに他の実施例を示す断面図である。本実施例においては、フィルタ層1及びフィルタ層2がそれぞれ磁性体層1aと1b及び磁性体層2aと2bを交互に積層することにより形成されている。他の構成は、図10に示す実施例と同様にして構成されている。このように、本発明においては、異なる磁性体層を積層することによりフィルタ層を構成させてもよい。本実施例においては、積層膜部分の幅、すなわちフィルタ層間の距離を500nmとなるように各層を形成している。

【0041】図12は、本発明に従うさらに他の実施例を示す断面図である。本実施例においては、第1の強磁性層とフィルタ層が連続して一体的に形成されている。すなわち、基板9の中央部には、第2の強磁性層6及び非磁性導電層5が形成されており、非磁性導電層5の上には、第1の強磁性層部分33aを有する強磁性体層33が形成されている。強磁性体層33は非磁性導電層5及び第2の強磁性層6の外側部分にも延び、フィルタ層部分33bを形成している。従って、第2の強磁性層6の両側の端部側面においては、この強磁性体層33のフィルタ層部分33bが接している。従って、強磁性体層33の第1の強磁性層部分33aが第1の強磁性層として機能し、フィルタ層部分33bが本発明のフィルタ層として機能する。このように、本発明においては、一对の強磁性層のうちの一方がフィルタ層と連続して一体的に形成されていてもよい。

【0042】本実施例においては、積層膜部分の幅、すなわちフィルタ層間の距離を500nmとなるように各層を形成している。本実施例では、強磁性体層33のフィルタ層部分33bからスピン偏極された電子が第2の強磁性層6に与えられ、上述のような本発明の作用機構により大きなMR変化を得ることができる。

【0043】図13及び図14は、図12に示す実施例を製造する工程を示す断面図である。図13(a)を参照して、基板9の上、積層膜を形成する領域の両側の部分にレジスト膜34をパターニングにして形成する。

次に、図13(b)に示すように、第2の強磁性層6及び非磁性導電層5を基板9の上方の全面に形成する。次に、図13(c)に示すように、レジスト膜34をリフトオフすることにより、基板9上の中央部にのみ第2の強磁性層6及び非磁性導電層5を残す。次に、図13

(d)に示すように、基板9の上方の全面に強磁性体層33を形成し、非磁性導電層5の上の部分第1の強磁性層部分33aとし、非磁性導電層5及び第2の強磁性層6の両側部分をフィルタ層部分33bとする。第2の強磁性層6は例えばCo層から形成し、非磁性導電層5は例えばCu層から形成し、強磁性体層33は例えばNi₈₀Fe₂₀層から形成する。

【0044】次に、図14(e)に示すように、強磁性体層33の上の中央部分にレジスト膜34をパターニングにして形成する。次に、図14(f)に示すように、全面にAu層35を形成する。次に、レジスト膜34をリフトオフすることにより、図14(g)に示すように、両側にのみAu層を残し、それぞれ電極7及び8とする。

【0045】以上のようにして、図12に示す本発明に従う実施例の磁気抵抗効果素子を製造することができる。

【0046】

【発明の効果】本発明に従えば、従来よりも高いMR変化を得ることができ、より高感度な磁気抵抗効果素子とすることができる。従って、本発明の磁気抵抗効果素子は、例えば高密度記録に適したMRヘッドとして用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に従う一実施例の磁気抵抗効果素子を示す断面図。

【図2】本発明の磁気抵抗効果素子において一对の強磁性層の磁化方向が互いに平行であるときの各層のスピン偏極状態を示す図。

【図3】本発明の磁気抵抗効果素子において一对の強磁性層の磁化方向が互いに反平行であるときの各層のスピン偏極状態を示す図。

【図4】図1に示す実施例を製造する工程を示す断面図。

【図5】図1に示す実施例を製造する工程を示す断面図。

【図6】図1に示す実施例を製造する工程を示す断面図。

【図7】本発明に従う他の実施例の磁気抵抗効果素子を示す断面図。

【図8】本発明に従うさらに他の実施例の磁気抵抗効果素子を示す断面図。

【図9】本発明に従うさらに他の実施例の磁気抵抗効果素子を示す断面図。

【図10】本発明に従うさらに他の実施例の磁気抵抗効

13

果素子を示す断面図。

【図11】本発明に従うさらに他の実施例の磁気抵抗効果素子を示す断面図。

【図12】本発明に従うさらに他の実施例の磁気抵抗効果素子を示す断面図。

【図13】図12に示す実施例の磁気抵抗効果素子を製造する工程を示す断面図。

【図14】図12に示す実施例の磁気抵抗効果素子を製造する工程を示す断面図。

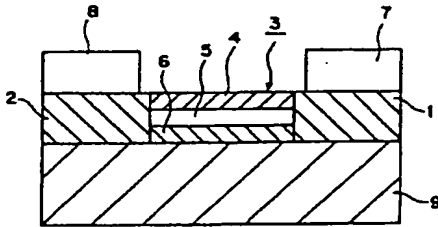
【図15】従来の磁気抵抗効果素子において一对の強磁性層の磁化方向が互いに平行であるときの各層のスピン偏極の状態を示す図。

【図16】従来の磁気抵抗効果素子において一对の強磁性層の磁化方向が互いに反平行であるときの各層のスピン偏極の状態を示す図。

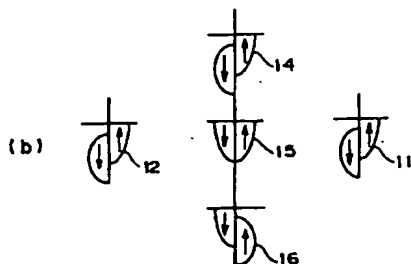
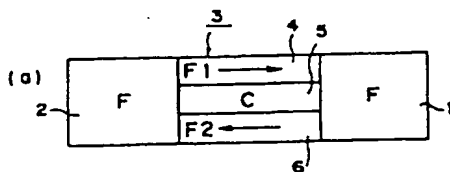
【符号の説明】

1, 2…フィルタ層

【図1】



【図3】



14

3…積層膜

4…第1の強磁性層

5…非磁性導電層

6…第2の強磁性層

7, 8…電極

9…基板

25…非磁性導電層

26…強磁性層

27…第1の強磁性層

28…非磁性導電層

29…第2の強磁性層

30…反強磁性層

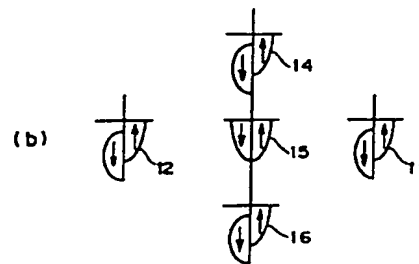
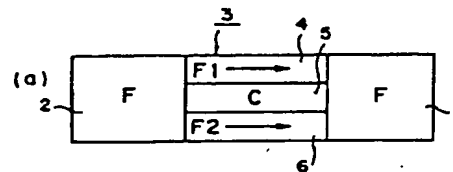
31, 32…バイアス層

33…強磁性体層

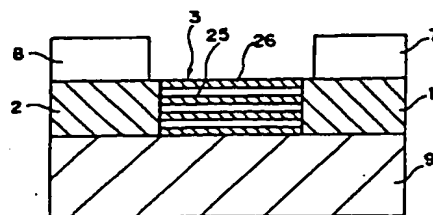
33a…強磁性体層における第1の強磁性層部分

33b…強磁性体層におけるフィルタ層部分

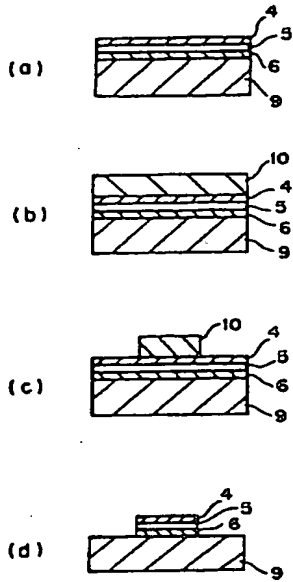
【図2】



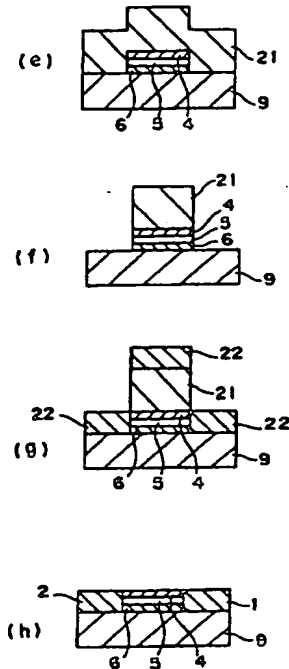
【図7】



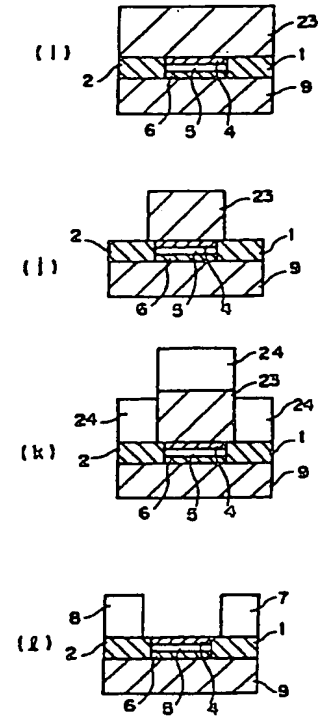
【図4】



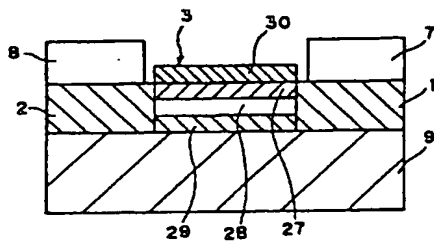
【図5】



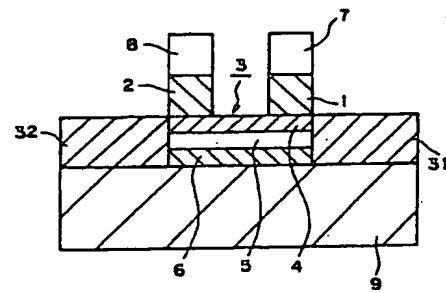
【図6】



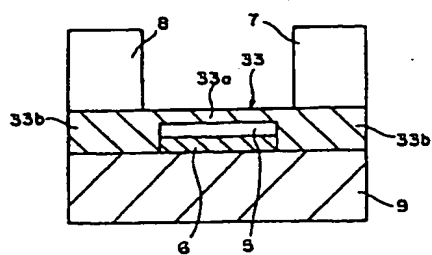
【図8】



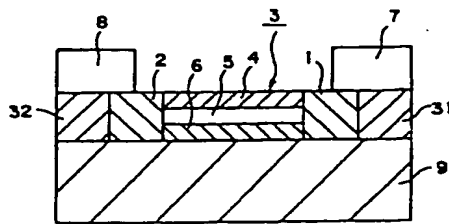
【図9】



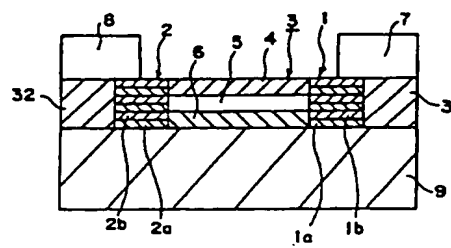
【図12】



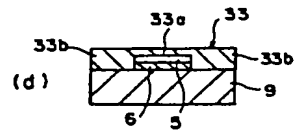
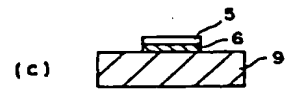
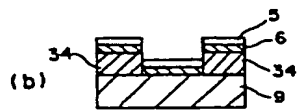
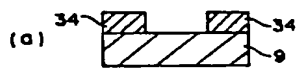
【図10】



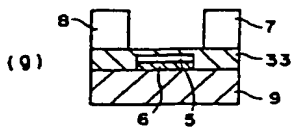
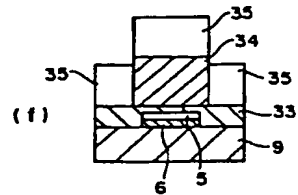
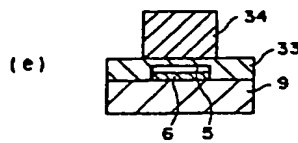
【図11】



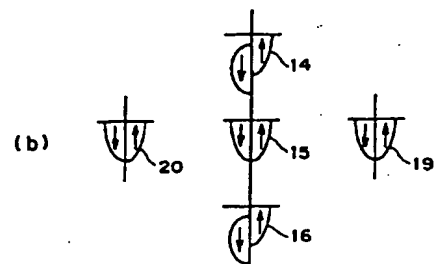
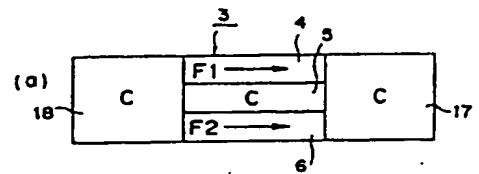
【図13】



【図14】



【図15】



【図16】

